



MESIN PENGERING KAPASITAS LIMPULUH BAJU SISTEM TERTUTUP

PK Purwadi^{1*}

¹Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma
Mrican, Tromol Pos 29 Yogyakarta, Indonesia Phone: 0274-513301, Fax: 0274-562383

*e-mail: pur@mailcity.com

ABSTRAK

Bagi pengusaha laundry, mesin pengering baju sangat diperlukan. Dengan adanya mesin pengering baju, pada saat musim hujan tiba, pengusaha laundry tidak perlu merasa cemas dan takut kalau bajunya tidak akan kering, jika sewaktu-waktu hujan datang. Selain itu, dengan adanya mesin pengering, target jumlah baju yang akan dikeringkan per hari mudah ditentukan, karena waktu pengeringan baju tertentu dan bersifat tetap. Proses pengeringan juga dapat dilakukan setiap saat, baik siang hari maupun malam hari. Selain merakit mesin pengering baju, tujuan dari penelitian ini adalah (a) mengetahui kondisi udara masuk ruang pengering baju, dan (b) mendapatkan waktu yang diperlukan mesin pengering untuk mengeringkan 50 baju secara serentak.

Mesin pengering baju bekerja dengan sumber energi listrik, menggunakan mesin yang bekerja dengan siklus kompresi uap. Energi listrik dipergunakan untuk menggerakkan kompresor dari mesin kompresi uap dan menggerakkan kipas angin untuk mengalirkan udara yang dipergunakan untuk proses pengeringan baju. Komponen utama mesin siklus kompresi uap adalah: kompresor, kondensor, pipa kapiler, evaporator dan peralatan tambahan filter, dengan fluida kerja R134a. Kompresor yang dipergunakan sebanyak 2 buah, masing masing dengan daya 1,5 PK, sedangkan ukuran komponen yang lain menyesuaikan dengan besarnya daya kompresor. Kipas angin yang dipergunakan sebanyak 2 buah masing masing dengan daya sebesar 54 watt yang dipasang di dekat kondensor, dan 2 buah kipas, masing masing dengan daya 50 watt, yang difungsikan untuk mengalirkan udara dari ruang pengering ke ruang mesin siklus kompresi uap. Almari pengering dirancang untuk kapasitas 50 baju, dengan sistem tertutup. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan kondisi awal pakaian basah: (a) hasil perasan tangan dan (b) hasil perasan mesin cuci. Jenis pakaian: batik, ukuran XL

Penelitian memberikan hasil, mesin pengering baju yang dirakit dapat bekerja dengan baik, dan (a) mampu mengkondisikan udara masuk ke dalam ruang pengeringan baju dengan suhu udara bola kering (T_{db}) sekitar 74°C dan suhu udara bola basah sekitar 34 °C. (b) mampu mengeringkan 50 baju basah hasil perasan tangan secara serentak dalam waktu sekitar 150 menit dan mampu mengeringkan 50 baju basah hasil perasan mesin cuci secara serentak dalam waktu sekitar 70 menit.

Kata kunci : pengering baju, siklus kompresi uap, kelembaban spesifik, kelembaban relatif.

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Mesin pengering baju dengan sumber energi dari listrik, pada saat ini keberadaannya sangat dibutuhkan. Dibandingkan dengan peralatan pengering baju yang lain, mesin pengering baju dengan energi listrik memiliki beberapa keuntungan. Selain praktis, aman, ramah lingkungan juga dapat dipergunakan kapan saja. Praktis karena tidak ribet, untuk menyalaikan dan mematikan mesin, tinggal menekan tombol on-off. Aman karena dalam bekerjanya tidak melibatkan gas yang mudah meledak, seperti peralatan pengering yang menggunakan LPG sebagai sumber energinya. Selain itu, pada saat mesin pengering energi listrik beroperasi, mesin tidak perlu dijaga. Temperatur udara yang dipergunakan untuk mengeringkan baju relatif tidak tinggi, seperti halnya yang terjadi pada mesin pengering dengan energi LPG. Dengan kondisi ini, baju yang akan dikeringkan relatif tidak mudah rusak dan lebih awet. Baju yang dikeringkan, relatif lebih bersih. Pengeringan dengan LPG, sebagian besar berlangsung secara langsung dengan menggunakan gas hasil pembakaran LPG. Kondisi ini menyebabkan baju yang dikeringkan tercemar gas LPG. Udara lingkungan, juga akan tercemar dengan proses pembakaran gas LPG ini. Mesin pengering baju dengan energi listrik dipandang lebih ramah lingkungan, karena tidak mencemari lingkungan. Mesin ini dapat dipergunakan kapan saja, baik pada siang atau malam hari, baik pada saat musim hujan atau musim kemarau.

Mesin pengering baju yang menggunakan energi listrik sebagai sumber energinya telah dilakukan beberapa orang, seperti Goldberg (2005), Maruca (2008), Bison dan Alberto (2012), Beers (2013), dan Balioglu (2013). Semua peneliti tersebut, dalam melakukan proses pengeringan melibatkan peralatan evaporator dan kondensor untuk mengkondisikan udara yang akan dipergunakan pada proses pengeringan. Evaporator dan kondensor yang dipergunakan bekerja dalam satu kesatuan dari mesin yang bekerja dengan menggunakan siklus kompresi uap.

I.2. Rumusan Masalah

Mesin pengering baju yang praktis, aman dan ramah lingkungan untuk kapasitas pengeringan yang cukup besar pada saat ini sangat diperlukan masyarakat. Bagaimanakah merancang dan merakit mesin pengering baju energi listrik dengan kapasitas sekitar 50 baju ?.

1.3. Tujuan Penelitian

Selain merancang dan merakit mesin pengering baju energi listrik, tujuan dari penelitian ini adalah (a) mengetahui kondisi udara masuk ruang pengering baju dan (b) mendapatkan waktu yang diperlukan mesin pengering untuk mengeringkan 50 baju secara serentak.

1.4. Batasan Masalah

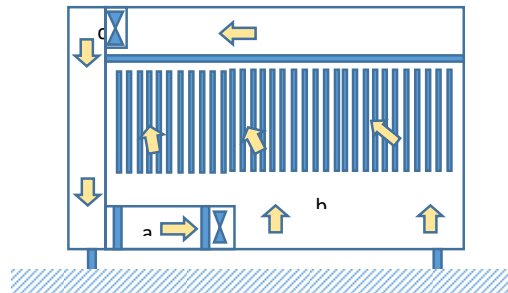
Batasan batasan yang diambil di dalam penelitian ini adalah: (a) mesin utama yang dipergunakan di dalam mesin pengering baju ini adalah mesin yang bekerja dengan siklus kompresi uap (b) komponen utama mesin siklus kompresi uap meliputi: kompresor, evaporator, kondensor, dan pipa kapiler, dengan fluida kerja R134a yang ramah lingkungan (c) komponen tambahan mesin kompresi uap meliputi: filter, kipas, motor listrik dan sistem kontrol (d) mesin pengering baju, memiliki 2 mesin siklus kompresi uap (e) setiap mesin kompresi uap, mempergunakan daya kompresor sebesar 1,5 pk, sedangkan komponen yang lain, seperti kondensor, evaporator dan pipa kapiler ukurannya menyesuaikan dengan besarnya daya kompresor (g) ruang pengering baju berukuran : panjang x lebar x tinggi = $p \times l \times t = 300\text{cm} \times 60\text{cm} \times 130\text{cm}$ (h) mesin bekerja dengan sistem tertutup.

II. Landasan teori

II.1 Mesin Pengering Pakaian

Fluida kerja yang dipergunakan di dalam proses pengeringan baju ini adalah udara. Udara dimasukkan ke dalam ruang pengering baju, dengan bantuan kipas. Kondisi udara masuk ruang pengering baju dikondisikan sedemikian rupa agar mempunyai kemampuan untuk mengeringkan baju yang berada di dalam ruang pengering. Ketika udara melintasi baju baju basah, udara akan menyerap air yang ada dan melekat pada baju. Setelah mengambil air dari baju, udara dikeluarkan dari ruang pengering dengan kelembaban udara spesifik yang meningkat, demikian juga dengan kelembaban relatifnya. Pada proses ini, suhu udara menjadi menurun.

Mesin pengering dapat dirancang dengan sistem terbuka maupun sistem tertutup. Sistem terbuka jika udara yang telah dipergunakan untuk proses pengeringan baju, dikeluarkan dari ruang pengering, dan tidak dipergunakan lagi. Sedangkan pada sistem tertutup, udara yang dikeluarkan dari ruang pengering baju dialirkan dan dipergunakan kembali untuk dikondisikan mesin siklus kompresi uap. Udara tersebut dikirim dan dilewatkan kembali melalui evaporator dan kondensor dari mesin siklus kompresi uap, hingga diperoleh kondisi udara yang sedemikian rupa, yang memiliki kelembaban spesifik yang rendah dengan suhu udara bola kering yang tinggi. Gambar 1, menyajikan skematik mesin pengering sistem tertutup yang dipergunakan di dalam penelitian.



Gambar 1. Skematik mesin pengering baju sistem tertutup, tampak depan

- (a) Ruang mesin siklus kompresi uap (b) ruang pengering baju (c) kipas angin yang menyirkulasikan kembali udara dari ruang pengering ke ruang mesin kompresi uap

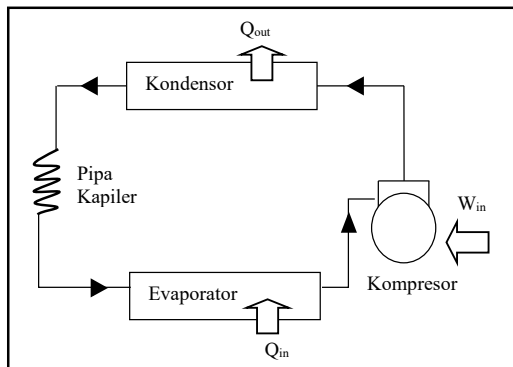
Udara dapat mengambil air dari baju baju basah, karena kondisi udara kering, dengan suhu cukup tinggi. Udara kering berarti, kandungan air yang ada di dalam udara sedikit. Semakin rendah kandungan air yang ada di dalam udara, semakin besar kemampuan udara menyerap dan membawa air dari baju baju basah yang ada di ruang pengering. Ketika masuk ruang pengering, udara memiliki kandungan air yang sedikit dan ketika keluar ruang pengering, udara memiliki kandungan air yang lebih banyak.

Evaporator yang merupakan komponen mesin siklus kompresi uap dipergunakan untuk mengeringkan udara, agar kandungan air di dalam udara sedikit. Efek penggunaan evaporator ini, suhu udara menjadi turun. Oleh karena itu suhu udara perlu ditingkatkan kembali agar kemampuan udara menyerap air meningkat. Kondensor yang merupakan komponen dari mesin siklus kompresi uap dipergunakan untuk menaikkan suhu udara, agar suhu udara relatif cukup tinggi. Semakin tinggi suhu udara, maka semakin besar kemampuan udara menampung air per 1 m^3 nya. Suhu udara dapat pula ditingkatkan dengan mempergunakan peralatan tambahan lain seperti peralatan penukar kalor. Di dalam penelitian ini, penulis mempergunakan peralatan kompresor dari mesin siklus kompresi uap itu sendiri, untuk ikut membantu menaikkan suhu udara. Ketika kompresor bekerja, casing kompresor panas.

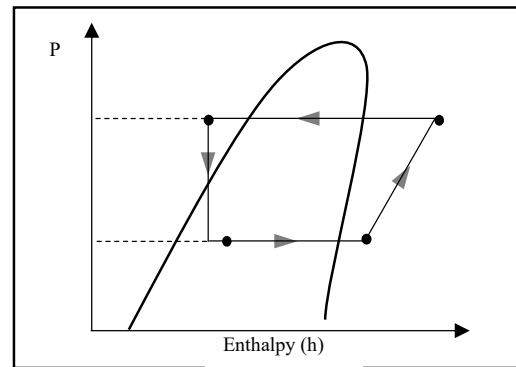
II.2. Mesin Siklus kompresi Uap

Mesin kompresi uap berfungsi untuk mengkondisikan udara yang akan dipergunakan di dalam proses pengeringan baju. Mesin siklus kompresi uap memiliki komponen utama: kompresor, kondensor, pipa kapiler dan

evaporator. Fluida kerja dari mesin siklus kompresi uap dinamakan dengan refrigeran. Rangkaian komponen siklus kompresi uap, tersaji pada Gambar 2. Gambar 3, menyajikan siklus kompresi uap pada diagram p-h, yang terdiri 4 proses : proses kompresi, proses *desuperheating* dan kondensasi, proses penurunan tekanan dan proses pendidihan.

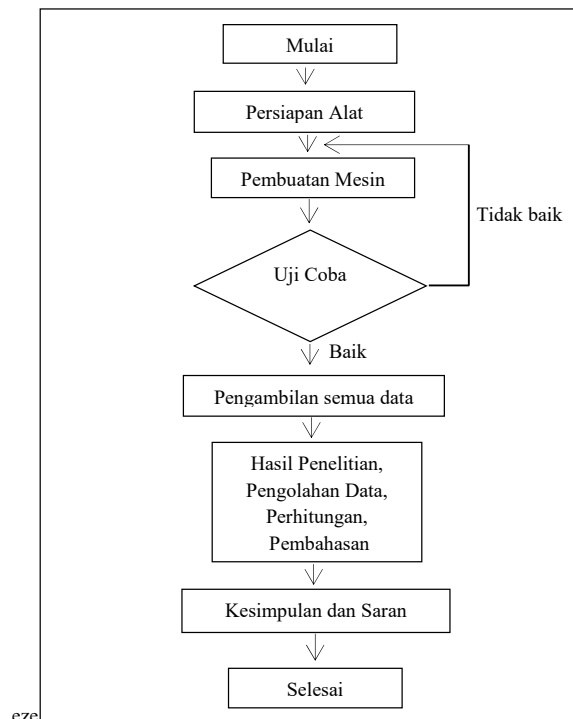


Gambar 2. Rangkaian komponen siklus kompresi-uap



Gambar 3. Siklus kompresi uap pada p-h diagram

Evaporator dari siklus kompresi uap berfungsi untuk mengambil kalor dari udara yang melewatinya. Kalor yang diambil evaporator dari udara, dipergunakan untuk merubah fase refrigeran dari fase cair menjadi gas. Dengan kata lain, evaporator berfungsi untuk mendinginkan udara dan mengembunkan uap air yang ada di dalam udara. Kondensor dari mesin siklus kompresi uap berfungsi untuk melepas kalor dari refrigeran ke udara yang melewati kondensor. Dengan kata lain, fungsi kondensor adalah menaikkan suhu udara yang melewati kondensor. Di dalam siklus kompresi uap, evaporator bekerja pada tekanan rendah, sedangkan kondensor bekerja pada tekanan tinggi, agar siklus dapat berjalan secara terus menerus, maka diperlukan peralatan yang berfungsi untuk menaikkan tekanan dan menurunkan tekanan. Kompresor berfungsi untuk menaikkan tekanan dan pipa kapiler berfungsi untuk menurunkan tekanan. Kompresor dapat bekerja karena ada energi listrik yang diberikan. Untuk mempercepat proses perpindahan kalor pada kondensor dan evaporator, udara yang dilintaskan ke evaporator dan kondensor didorong dengan bantuan kipas angin.



Gambar 3. Skematik Alur Penelitian

III. Metode Penelitian

III.1. Obyek yang diteliti

Obyek yang diteliti adalah mesin pengering baju. Gambar skematik dari mesin pengering baju disajikan pada Gambar 1. Ukuran ruang pengering baju (lemari kayu) $p \times l \times t = 300 \text{ cm} \times 60 \text{ cm} \times 130 \text{ cm}$. Ada 2 mesin siklus kompresi uap yang dipergunakan, dengan fluida kerja refrigeran R134a. Semua komponen dari siklus kompresi uap mempergunakan komponen standar yang ada di pasar. Daya kompresor (jenis rotari) 1,5 hp, sedangkan komponen yang lain, seperti kondensor (jenis : pipa U bersirip), evaporator (jenis : pipa U bersirip) dan pipa kapiler (diameter : 0,032 inch) ukurannya menyesuaikan dengan besarnya daya kompresor. Kipas kondensor ada 2, daya kipas @ 54 watt dan ada 2 kipas yg berfungsi mengalirkan udara dari ruang pengering ke evaporator (sistem tertutup), masing masing berdaya 50 watt.

III.2. Alur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan mengikuti alur seperti yang tersaji pada Gambar 3.

III.3. Variasi Penelitian

Variasi penelitian dilakukan terhadap kondisi awal baju basah yang akan dikeringkan: (a) hasil perasan tangan dan (b) hasil perasan mesin cuci. Baju yang dipergunakan adalah baju batik (Pekalongan), dengan ukuran XL, sebanyak 50.

IV. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil pengujian yang telah dilakukan, memperlihatkan bahwa mesin pengering yang bekerja dengan sistem tertutup dapat bekerja dengan baik. Mesin dapat menyala dan dapat bekerja secara terus menerus tanpa terjadi kemacetan, kebocoran freon, hambatan dan gangguan. Tidak terjadi es yang menempel di antara sirip-sirip evaporator, meskipun suhu kerja evaporator berada dibawah 0°C . Hal ini disebabkan karena suhu udara yang dilewatkan masih cukup tinggi dan tidak mencapai suhu di bawah 0°C . Kondisi ini dapat tercipta jika kipas evaporator pada saat awal mesin bekerja, dinyalakan terlebih dahulu beberapa saat sebelum mesin kompresi uap dinyalakan. Jika mesin kompresi uap dinyalakan terlebih dahulu dari kipas, di antara sirip sirip evaporator dapat muncul es yang berasal dari proses pembekuan uap air yang ada di udara. Keadaan ini dapat terjadi, karena udara tidak mengalir. Adanya es pada evaporator akan menghambat aliran udara. Jika tidak ada es, udara dapat melewati evaporator dengan baik dan lancar. Kompresor dapat bekerja dengan baik dan tidak mengalami *over heat* (panas yang berlebihan). Casing kompresor cukup panas, sehingga dapat membantu menaikkan suhu udara ketika udara melewati kompresor. Jika kompresor mengalami panas berlebihan, kompresor akan mati. Pada penelitian ini, udara setelah melewati evaporator, udara dilewatkan kompresor dan kondensor sebelum udara dimasukkan ke dalam ruang pengering.

Data penelitian untuk pengeringan dengan beban 50 baju basah hasil perasan tangan maupun 50 baju basah hasil perasan mesin cuci, disajikan pada Tabel 1. Disajikan pula data pengeringan 50 baju basah hasil perasan tangan dengan mempergunakan energi surya. Pengambilan data dihentikan ketika massa baju yang dikeringkan sudah sama dengan massa awal baju kering sebelum dibasahi.

Tabel 1 : Data hasil penelitian

Jumlah Baju	Massa total awal baju kering, gram	Massa baju basah setelah mengalami proses pengeringan selama t menit, gram											
		0 menit	20 menit	40 menit	60 menit	70 menit	80 menit	100 menit	120 menit	140 menit	150 menit	180 menit	220 menit
50*	7660	17855	15229	13181	11607		9888	8677	8035	7707	7660		
50**	7660	10855	9450	8436	7806	7660							
50***	7660	17855	15798	14175	13014		12315	11390	10251	9498		8176	7660

Kondisi udara luar rata rata $T_{db} : 28^{\circ}\text{C}$ dan $T_{wb} : 26^{\circ}\text{C}$.

* : kondisi baju basah yang diperas dengan tangan

** : kondisi baju basah yang diperas dengan mesin cuci

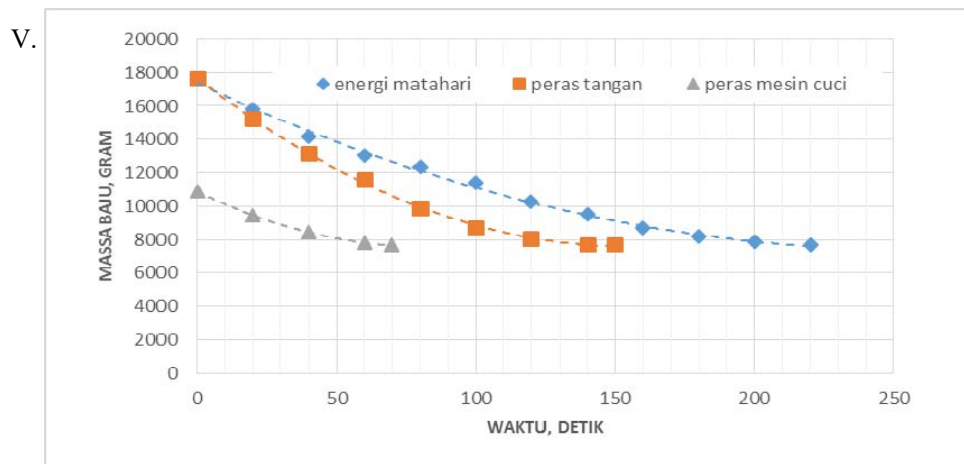
*** : pengeringan baju basah hasil perasan tangan, yang dilakukan dengan sinar matahari

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa ketika mesin pengering pakaian bekerja dengan beban 50 baju basah hasil perasan tangan, kondisi udara masuk di dalam lemari pengering mampu mencapai suhu udara bola kering (T_{db}) sekitar 74°C , dengan suhu udara bola basah sekitar 34°C . Dari data hasil penelitian, dengan kondisi udara seperti, udara mempunyai kemampuan untuk mengeringkan baju baju yang ada di dalam ruang pengering.

Dari Tabel di 1, dapat disimpulkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mengeringkan baju bergantung dari kondisi awal atau perlakuan awal pakaian basah, diperas dengan tangan atau diperas dengan mesin cuci. Semakin basah kondisi awal pakaian, semakin lama proses pengeringannya. Dengan demikian langkah baik yang harus ditempuh adalah mencari jalan yang membantu memperkecil massa awal baju basah. Selain diperas dapat pula

dilakukan dengan cara diangin-anginkan dan dapat pula dengan cara dikipasi dengan kipas angin. Kecepatan drum mesin cuci yang dipergunakan untuk memeras juga dapat dipilih dengan putaran yang tinggi.

Waktu tercepat yang diperlukan untuk mengeringkan baju diperoleh jika kondisi awal baju basah diperas dengan mesin cuci. Waktu yang diperlukan untuk mengeringkan 50 baju basah hanya sekitar 70 menit, lebih cepat sekitar 80 menit dibandingkan diperas dengan tangan. Pengeringan dengan energi matahari, memerlukan waktu paling lama, untuk 50 baju hasil perasan tangan memerlukan waktu sekitar 220 menit. Informasi besarnya kecepatan pengeringan ini sangat penting dan berarti bagi orang yang bergerak dalam bisnis *laundry*. Gambar 4, menyajikan besarnya massa baju dari waktu ke waktu ketika 50 baju mengalami proses pengeringan, baik diperas tangan (dikeringkan dengan mesin pengering atau dengan energi matahari), maupun diperas dengan mesin cuci. Gambar 4 dapat dipergunakan untuk membantu mengetahui berapa lamanya waktu yang diperlukan untuk mengeringkan 50 baju. Bila massa awal baju basah yang akan dikeringkan telah diketahui, maka dengan Gambar 4, dapat ditentukan waktu yang diperlukan untuk mengeringkannya.



VI. Kesimpulan

VI.1. Kesimpulan

Penelitian memberikan hasil:

1. Mesin pengering dapat bekerja dengan baik, praktis, aman dan ramah lingkungan, tidak mengalami kemacetan di dalam bekerjanya.
2. Kondisi udara masuk ruang pengering memiliki suhu udara bola kering (T_{db}) sekitar 74°C dan suhu udara bola basah (T_{wb}) sekitar 34°C.
3. Untuk mengeringkan 50 baju basah hasil perasan tangan secara bersamaan memerlukan waktu sekitar 150 menit dan untuk baju basah hasil perasan mesin cuci memerlukan waktu sekitar 70 menit.

VI.2. Saran

Beberapa saran terkait dengan mesin pengering baju energi listrik ini adalah:

1. Untuk penghematan daya listrik, massa awal dari pakaian basah yang akan dimasukkan ke dalam ruang dapat dibuat seminimal mungkin.
2. Aliran udara harus dibuat sedemikian rupa, supaya tidak terjadi *over heat* pada kompresor, yang menyebabkan kompresor tidak dapat bekerja.

Daftar Pustaka

1. Goldberg, et al., 2005, Heat Pump Clothes Dryer, Patent Application Publication, Pub. No: US 2005/0066538 A1.
2. Maruca, 2008, Low Temperature Clothes Dryer, United States Patent, Patent No: US 7,377,052 B2.
3. Bison, et al., 2012, Heat Pump Laundry Dryer and a Method for Operating a Heat Pump Laundry Dryer, Patent Application Publication, Pub. No: US 2012/0210597 A1.
4. Beers, et al., 2013, Apparatus and Method for Refrigeration Cycle Elevation by Modification of Cycle Start Condition, United States Patent, Patent No: US 8,533,975 B2.
5. Balioglu, et al., 2013, Heat Pump Laundry Dryer Machine, Patent Application Publication, Pub. No: US 2013/0047456 A1, Apr.

Halaman ini kosong